УДК 621.43
UDK 621.43

Захарчук В.І., Захарчук О.В., Ципящук А.Л.
Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕОБЛАДНАНОГО З ДИЗЕЛЯ ГАЗОВОГО ДВИГУНА НА ПРОПАН-БУТАНІ

Пропан-бутан має низку переваг у порівнянні з природним газом для використання в автомобільній техніці. Було проведено переобладнання дизельного двигуна Д-243 у газовий двигун з іскровим запалюванням, адаптований для роботи на пропан-бутані за аналогічною технологією, яка застосовується для природного газу. При цьому ступінь стиску двигуна було знижено до 11 одиниць. Результати стендових випробувань підтвердили працездатність переобладнаного двигуна на пропан-бутані. Потужність газового двигуна залишилася на рівні базового дизельного аналога, хоча годинна витрата палива дещо збільшилась через використання багатших паливоповітряних сумішей під час роботи.

Ключові слова: *дизель, переобладнання, пропан-бутан, газове паливо, витрата палива, екологічні показники.*

Propane–butane has a number of advantages compared to natural gas for use in automotive applications. A diesel engine D-243 was converted into a gas engine with spark ignition, adapted to operate on propane–butane using a technology similar to that applied for natural gas. At the same time, the engine compression ratio was reduced to 11. Bench test results confirmed the operability of the converted engine running on propane–butane. The power of the gas engine remained at the level of the base diesel counterpart, although the hourly fuel consumption increased slightly due to the use of richer air–fuel mixtures during operation.

Keywords: *diesel engine, conversion, propane–butane, gaseous fuel, fuel consumption, environmental performance.*

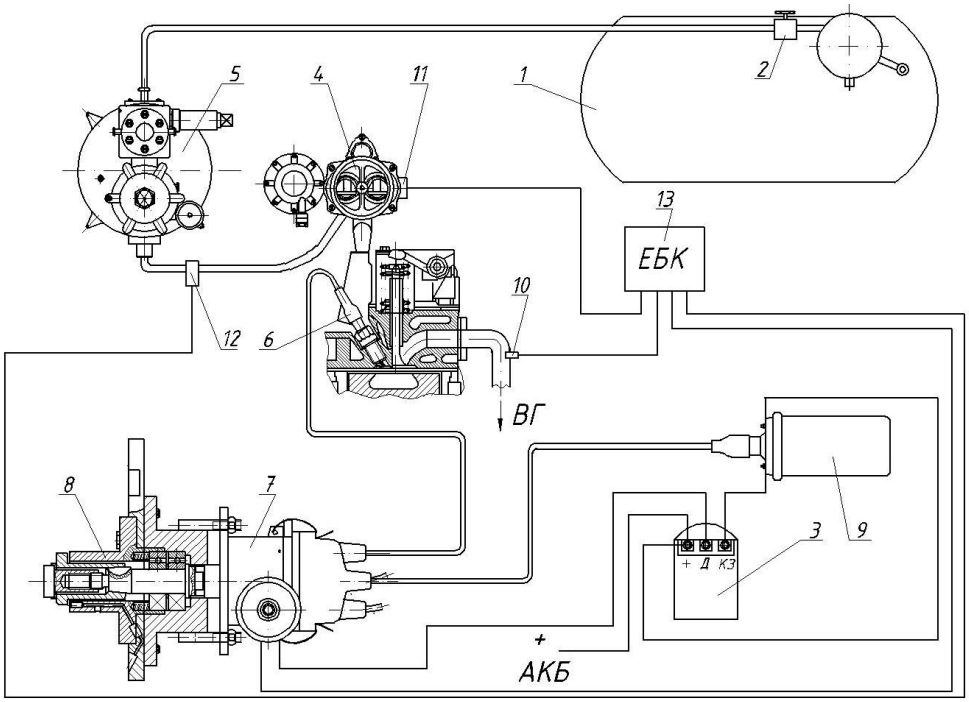
У європейському контексті запланованого переходу до нульового вуглецевого майбутнього початковим питанням на початку цього дослідження була оцінка енергетичних та екологічних показників модернізованого дизельного двигуна, перетвореного на іскрове запалювання, використовуючи два газоподібних палива: природний газ (NG) та зріджений вуглеводневий газ (LPG).

Природний газ (NG) – це суміш компонентів, що в основному складаються з метану (CH_4), з різною кількістю інших газів, таких як етан, пропан, бутан, азот, а також вуглекислий газ. Це одне з найбільш широко використовуваних і універсальних джерел енергії в світі, з численними додатками, такими як промислове, транспортне і побутове. Використання NG як палива для сталого автомобільного транспорту завжди привертало увагу як потенційна альтернатива традиційним бензиновим та дизельним паливам [1].

Результати цього експериментального дослідження підтверджують корисність розробки двигуна виключно для NG або LPG, тобто двигуна з іскровим запалюванням. Отже, це дослідження також може сприяти підтримці автомобільної промисловості для вивчення екологічних переваг цих газоподібних видів палива.

У лабораторії двигунів внутрішнього згоряння Луцького національного технічного університету проведено модернізацію дизельного двигуна Д-243, встановленого на випробувальному стенді, з перетворенням його в газовий двигун з іскровим запалюванням. Роботи виконані згідно зі схемою, яка показана на рис. 1 [2]. У ході переобладнання було демонтовано систему дизельного живлення, замість якої встановлено електронну безконтактну систему запалювання. На місці форсунок змонтовано свічки запалювання, а паливний насос високого тиску замінено на переривач-розподільник. Додатково була встановлена газова паливна апаратура, що включає газовий редуктор і газоповітряний змішувач. Змішувач інтегровано у новий впускний колектор, виготовлений спеціально для цього завдання. Для адаптації двигуна до роботи на суміші пропан-бутану ступінь стиску було зменшено з 16 до 11 одиниць, враховуючи октанове число цього виду палива. На завершальному етапі була здійснена настройка двигуна: визначений оптимальний кут випередження

запалювання та точно відрегульований склад газоповітряної суміші для забезпечення ефективної та стабільної роботи двигуна.



1 – балон; 2 – магістральний вентиль; 3 – комутиатор; 4 – газоповітряний змішувач; 5 – газовий редуктор; 6 – свічка запалювання; 7 – переривач-розподільник; 8 – привід переривача-розподільника; 9 – котушка запалювання; 10 – датчик вільного кисню; 11 – датчик положення дросельної заслінки; 12 – крокавий дозатор; 13 – електронний блок керування

Рисунок 1 – Об'єднана схема систем запалювання і живлення газового двигуна

У результаті стендових випробувань були визначені навантажувальні характеристики двигуна з одночасним вимірюванням рівня токсичності відпрацьованих газів. Аналіз отриманих характеристик показав, що вміст оксиду вуглецю (CO) у відпрацьованих газах газового двигуна на малих і середніх навантаженнях майже не відрізняється від дизельного двигуна. На великих навантаженнях (потужність двигуна понад 25 кВт) концентрація CO у газового двигуна трохи вища і становить до 0,5 %. Концентрація вуглеводнів у відпрацьованих газах газового двигуна на малих і середніх навантаженнях перевищує дизельний аналог до 180 млн$^{-1}$. Натомість на великих навантаженнях цей показник для газового двигуна є нижчим. Варто зазначити, що у відпрацьованих газах газового двигуна повністю відсутня сажа, тоді як у дизеля її кількість суттєва. Номінальна потужність газового двигуна зросла з 40 кВт до 41,5 кВт, що можна пояснити високими енергетичними властивостями пропан-бутану. Погодинна витрата палива в газового двигуна на малих і середніх навантаженнях вища на приблизно 1 кг/год, що пов'язано з роботою на більш багатих паливоповітряних сумішах. Проте на великих навантаженнях витрата газу фактично дорівнює витраті дизельного палива.

Що стосується майбутньої роботи, на основі отриманих результатів, перерахованих вище, планується дослідження ощадливої роботи для подальшого поліпшення енергетичних та екологічних показників прототипу; оцінка використання системи очищення вихлопних газів газового двигуна (каталітичний нейтралізатор); оцінка пускових властивостей та повної продуктивності навантаження.

1. Arslan E., Kahraman N. Comparison of natural gas and propane addition to combustion air in terms of engine performance in compression ignition engine. Fuel. 2022. Vol. 312. Article 122952. DOI: 10.1016/J.FUEL.2021.122952.

2. Захарчук В.І., Захарчук О.В., Швабюк В.В., Ярощук В.В. Переобладнання дизеля для роботи на пропан-бутані. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. – 2025. № 1 (24). С. 209–215.

ЗАХАРЧУК Віктор Іванович – д.т.н., професор кафедри автомобілів і транспортних технологій, ЛНТУ, e-mail: victavto@gmail.com.

ЗАХАРЧУК Олег Вікторович – к.т.н., доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, ЛНТУ, e-mail: Zaharchukov205@gmail.com.

ЦИПЯЩУК Андрій Лукич – аспірант кафедри автомобілів і транспортних технологій, ЛНТУ, e-mail: andriy.cypa@gmail.com

Victor ZAKHARCHUK – Doctor of Science in Engineering, Professor of Motor Cars and Transport Technologies, LNTU, e-mail: victavto@gmail.com.

Oleg ZAKHARCHUK – PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Motor Cars and Transport Technologies, LNTU, e-mail: Zaharchukov205@gmail.com.

Andrii TSYPYASHCHUK – postgraduate of Motor Cars and Transport Technologies, LNTU, e-mail: andriy.cypa@gmail.com